



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **G brauchsmust r**  
①⑩ **DE 297 23 309 U 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 35/32**

⑦① Aktenzeichen:	297 23 309.2
⑥⑦ Anmeldetag:	6. 3. 97
aus Patentanmeldung:	197 09 133.4
④⑦ Eintragungstag:	10. 9. 98
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	22. 10. 98

DE 297 23 309 U 1

⑦③ Inhaber:  
D.T.S. Gesellschaft zur Fertigung von  
Dünnschicht-Thermogenerator-Systemen mbH,  
06118 Halle, DE

⑦④ Vertreter:  
Voigt, W., Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 06108 Halle

⑤④ **Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator**

DE 297 23 309 U 1

## **Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator**

Die Erfindung betrifft einen kompakten Niederleistungs-Thermogenerator in Dünn- oder Dickschichttechnik als autarke Energiequelle zur Versorgung mikro- und optoelektronischer Schaltkreise, Bauelemente und Sensoren sowie mikrosystemischer Applikationen.

Es sind bereits verschiedene kompakte Niederleistungs-Thermogeneratoren bekannt. Gemeinsam ist den Niederleistungs-Thermogeneratoren, daß auf einer Folie oder einem anderen dünnen Isolationsmaterial eine Vielzahl von Thermoelementen in Dünn- oder Dickschichttechnik aufgetragen sind.

Nach DE-OS 24 57 586 wird ein so vorbereiteter Streifen zwischen den Wärmetauscherplatten mehrfach gefaltet. Der Streifen kann nicht beliebig scharf geknickt werden, dadurch wird ab einer bestimmten Packungsdichte die Zuverlässigkeit des Thermogenerators geringer.

In WO 89/00152 sind die Thermoelemente mäanderförmig auf einem Folienstreifen aufgebracht. Der Folienstreifen wird aufgerollt. Ein Aufrollen mit beliebig kleinem Biegeradius ist aber nicht möglich, da der Streifen nicht beliebig stark gekrümmt werden darf, weil dadurch die thermoelektrischen Schichten einer hohen mechanischen Belastung ausgesetzt werden, was dazu führt, daß ihr elektrischer Widerstand drastisch ansteigt bzw. sie durch Mikrorisse zerstört werden.

Weiterhin soll noch auf DE-GM 69 00 274 verwiesen werden. Entsprechend dieser Veröffentlichung wird eine Anzahl von Folien mit Thermoelementen zu einem Stapel zusammengefügt. Mit der Stapelung der Folien wird im Vergleich zu den o.g. Patentanmeldungen das Problem der Zerstörung der Thermoelemente durch Ribbildung gelöst. Wenn jedoch viele Folien (beispielsweise 100 Folien) zu einem 0,2 cm<sup>3</sup> großen Thermogenerator zusammengefügt werden, ergibt sich ein neues Problem, nämlich das einer exakten Durchkontaktierung.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ausgehend von einer hohen Packungsdichte die Zuverlässigkeit des Thermogenerators zu steigern.

12.05.99

- 2 -

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe wie folgt gelöst, wobei hinsichtlich der grundlegenden Gedanken auf den Schutzanspruch 1 verwiesen wird. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich aus den Unteransprüchen. Bezüglich des Wesens der Erfindung wird auch auf die Ausführungsbeispiele verwiesen und auf die nachfolgenden Ausführungen.

Mehrere mit Thermoelementen, Anschlüssen und metallisierten Flächen beschichtete Folien (oder ähnlich dünne isolierende Substrate mit sehr schlechter Wärmeleitung, im folgenden als Folie bezeichnet) werden dicht übereinander gestapelt und untereinander elektrisch verbunden. Um bei einem Stapel hoher Packungsdichte bei der Vielzahl von Kontakten (abhängig davon, wieviel Folien übereinander gestapelt werden; ca. 100 Folien) eine lange Lebensdauer des Bauelementes zu erzielen, ist eine zuverlässige Durchkontaktierung von besonderer Bedeutung. Mit elektrisch leitendem Klebstoff oder Lot erfolgt eine Verbindung der Anschlußflächen, wobei Anschlußflächen mit etwa halbkreisförmigen Öffnungen, sogenannten Durchbrüchen versehen sind. Die Innenwände der Durchbrüche können mittels Sputtertechnik metallisiert sein. Ein sicheres Kontaktieren unter Verwendung von vorgenanntem Klebstoff oder Lot ist damit gewährleistet.

Die auf die Folien aufgetragenen metallisierten Flächen haben die Funktion, die geometrischen und thermischen Verhältnisse auf einer Folie symmetrisch zu gestalten, d.h. die Folien einschließlich ihrer Beschichtung besitzen an ihren beiden langen Stirnseiten die gleiche Dicke, wobei auch die metallisierten Flächen mit Klebstoff versehen werden können, was bei der Stapelung zu einer homogenen Stapelhöhe führt.

Bei Verwendung von thermoelektrisch hocheffektiven Materialien vom Bismutellurid-Typ, die mittels Flash-Verdampfens oder Sputterns auf der Substratfolie abgeschieden werden, lassen sich für die p- und n-Schenkel der fotolithografisch strukturierten Thermoelemente ein Seebeck-Koeffizient von ca.  $400 \mu\text{V/K}$  pro Thermoelement erreichen.

Bei 10 K Temperaturdifferenz können mit einem solchen ca.  $0,2 \text{ cm}^2$  großen erfindungsgemäßen Thermogenerator eine Spannung von ca. 3 V und eine Leistung von etwa  $10 \mu\text{W}$  im elektrischen Anpassungsfall erzielt werden.

Mit diesen Spannungen ist der Thermogenerator elektrisch direkt oder über elektronische Koppelsysteme mit mikroelektronischen Schaltkreisen kompatibel.

12.05.98

- 3 -

Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen näher dargestellt.

In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen kompakten Niederleistungs-Thermogenerator

Fig. 2 eine einseitig mit Thermoelementen versehene Folie A

Fig. 3 eine Folie C

Fig. 4 eine Folie D

Fig. 5 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Thermogenerators aus Folien, wie sie in den Figuren 2 bis 4 dargestellt sind (die Thermoelemente sind hier nicht gezeichnet)

Fig. 6 die Vorderseiten dreier einfach mit Thermoelementen beschichteter Folien aus einem Thermogenerator gemäß Fig. 5

Fig. 7 die Vorder- und Rückseiten dreier aufeinanderfolgender einseitig mit Thermoelementen beschichteter Folien für einen erfindungsgemäßen Thermogenerator

Fig. 8 die Vorder- und Rückseiten dreier aufeinanderfolgender beidseitig mit Thermoelementen beschichteter Folien für einen erfindungsgemäßen Thermogenerator

Die verwendeten Bezugszeichen bedeuten:

- 1 Polyimidfolie - als allgemeine Bezeichnung
- 2 Wärmetauscherplatten
- 3 Anschlußdrähte
- 4 Thermoelement
- 4' p-leitender Schenkel des Thermoelements
- 4" n-leitender Schenkel des Thermoelements
- 4''' Metallbrücke
- 5,5' Anschlußflächen
- 6,6' Anschlußflächen
- 7,7' metallisierte Flächen

- 8 Leiterbahn von Folie C
- 9 Leiterbahn der Vorderseite VS der Folie D
- 10 Leiterbahn der Rückseite RS der Folie D
- 11 Durchbrüche

Als spezielle Folientypen des Thermogenerators werden die Folientypen A, B, C, D bezeichnet, wobei die Typenbezeichnungen nicht im Sinne von Bezugszeichen zu verstehen sind. Bei den Folien C, D handelt es sich um außen befindliche Folien des Thermogenerators, während die Folien A, B im Thermogenerator zwischen den Folien C, D angeordnet sind.

Auf einer Polyimidfolie (1) werden Strukturen analog zu den Figuren 2 bis 4 in Dünnschichttechnik abgeschieden: Thermoelemente (4), Anschlußflächen (5, 5', 6, 6'), metallisierte Flächen (7, 7') und Leiterbahnen (8, 9, 10). Ein Thermoelement besteht jeweils aus dem p-leitenden Schenkel 4', dem n-leitenden Schenkel 4'' und der Metallbrücke 4'''.

Gemäß Fig. 5 sind die Folien vom Typ A und vom Typ B (B ist spiegelbildlich zu A strukturiert) abwechselnd aufeinandergelegt und außen mit einer Folie vom Typ C bzw. D abgeschlossen. Dieses Folienpaket wird gemäß Fig. 1 mit Wärmetauscherplatten 2 und Anschlußdrähten 3, die mit den Leitbahnen 8, 9 und 10 in elektrischem Kontakt stehen, konfektioniert. Die Wärmetauscherplatten sind mit einem nicht dargestellten gut wärmeleitfähigen Klebstoff mit den langen Stirnseiten der Folien 1 verbunden.

In einer ersten Ausführung (Figuren 2 bis 6) sind die Folien 1 nur einseitig auf der Vorderseite mit Thermoelementen 4 beschichtet. Jeder Streifen aus diesen Thermoelementen 4 hat jeweils zwei Anschlußflächen 5 und 6, ebenfalls auf der Vorderseite. Die Thermoelemente 4 sind zwischen den Anschlüssen 5 und 6 in Reihe geschaltet. Die Anschlußflächen 6 und die dahinter befindliche Folie sind durchbrochen. Zum oberen Folienrand hin befindet sich eine etwa halbkreisförmige Öffnung, als Durchbruch 11 bezeichnet.

Die Innenwände der Durchbrüche 11 können mittels Sputtertechnik metallisiert sein. Mit elektrisch leitfähigem Klebstoff oder Lot sind die Anschlußflächen 6 der Folien A, 5 der Folien B bzw. 6 der Folien B, 5 der Folien A durchkontaktiert. Auf der Vorderseite der Folien (1) sind metallisierte Flächen (7) aufgebracht.

Das Schema der Reihenschaltung mit der Anordnung der Folien 1 im Wechsel A-B-A-B..... zeigt Figur 5.

12.05.99

- 5 -

Eine zweite Ausführungsform gemäß Figur 7 unterscheidet sich von der ersten dadurch, daß sich auf den Rückseiten der Folien 1 auch Anschlußflächen 6' und metallisierte Flächen 7' befinden. In der Figur 7 sind die Vorder- und Rückseiten VS bzw. RS dreier aufeinanderfolgender Folien A-B-A dargestellt. Die Vorderseiten sind jeweils im unteren Teil dargestellt, und zwar jeweils in der Draufsicht. Die Rückseiten sind nach oben in die Bildebene aufgeklappt, und zwar so, daß die Oberkanten von Vorder- und Rückseiten aneinanderstoßen. (Eine analoge Darstellung wurde auch für Figur 4 gewählt.)

In dem zweiten Ausführungsbeispiel ist die Zuverlässigkeit der Durchkontaktierung noch dadurch erhöht, daß die Anschlußflächen 6' als Rückseitenmetallisierungen der Folien A und B gleichfalls mit den im Stapel dahinter liegenden Anschlußflächen 5 mit elektrisch leitfähigem Klebstoff oder Lot verbunden sind.

Außerdem können auch hier die Innenwände der Durchbrüche 11 metallisiert sein.

Eine dritte Ausführungsform unterscheidet sich von den vorangegangenen dadurch, daß sich Thermoelemente 4 auf der Vorder- und auf der Rückseite der Folien 1 befinden und zwar so angeordnet, daß mit den Anschlußflächen 5 und 5' bzw. 6 und 6' jeweils Thermoelementschenkel unterschiedlichen Leitungstyps verbunden sind. Siehe dazu Figur 8.

Eine Stapelung und Kontaktierung erfolgt zunächst wie bei der zweiten Ausführungsform beschrieben und wird hier ergänzt durch eine zusätzliche elektrisch leitende Verbindung, die ebenfalls mittels elektrisch leitenden Klebstoffs oder Lotes realisiert wird, zwischen den Anschlußflächen 5' der Folien A und 6 der Folien B sowie zwischen 5' der Folien B und 6 der Folien A. Das führt dazu, daß die Thermoelementketten von Rückseite und Vorderseite benachbarter Folien in der Stapelsequenz A-B-A elektrisch parallel geschaltet sind, während die Folien untereinander elektrisch in Reihe miteinander verbunden sind.

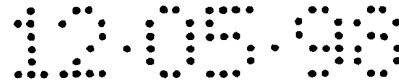
Funktionsbedingt müssen in diesem Ausführungsbeispiel die Folien mit einer Isolationsschicht wie z. B. Lack oder hochgetempertem Fotoresist versehen sein, davon ausgenommen sind die elektrischen Anschlußflächen 5, 5', 6, 6'

Gegenüber den ersten beiden Ausführungsbeispielen wird mit dieser Anordnung der elektrische Widerstand geringer, und die Leistungsabgabe eines solchen Thermogenerators wird unter sonst gleichen Bedingungen noch erhöht, wobei sich auch die Packungsdichte steigern läßt. Ein Niederleistungs-Thermogenerator dieser Ausführungsform besitzt eine hohe Zuverlässigkeit, weil die Unterbrechung eines Thermoelementschenkels durch die existierende Redundanz nicht zum Ausfall des Bauelementes führt.

12.05.98

### **Schutzansprüche**

1. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator, bei dem Thermoelemente aus je einem p-leitenden und n-leitenden Schenkel thermoelektrischen Materials bestehen, wobei die beiden Schenkel über eine Metallbrücke miteinander mäanderförmig verbunden sind, die Thermoelemente sowie Anschlußflächen auf isolierenden Folien platziert sind, die Folien so angeordnet sind, daß sie einen Stapel bilden und bei einem Stapel aus rechteckigen Folien an die langen Stirnseiten der Folien Wärmetauscherplatten angeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermoelemente (4) und metallisierte elektrische Anschlußflächen (5, 6) jeweils auf der Vorderseite einer Folie (1) angeordnet sind, wobei die Anschlußflächen (5, 6) einer Folie (1) zu den Anschlußflächen (5, 6) benachbarter Folien (1) über Durchkontaktierungen mittels elektrisch leitfähigen Verbindungsmaterials miteinander verbunden sind.
2. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine zusätzliche metallisierte Anschlußfläche (6') auf der Rückseite der Folien (1) deckungsgleich mit der jeweiligen Anschlußfläche (6) der Vorderseite der Folien (1) angeordnet ist.
3. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermoelemente (4) auf der Vorder- und der Rückseite der Folien (1) mit Anschlußflächen (5, 5', 6, 6') angeordnet sind, wobei die Anschlußflächen (5', 6') auf der Rückseite der Folien (1) mit den Anschlußflächen (5, 6) auf der Vorderseite der Folien (1) deckungsgleich sind.
4. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Anordnung der Anschlußflächen (5, 5', 6, 6') auf den Folien (1) zusätzlich metallisierte Flächen (7, 7') derart aufgebracht sind, daß auf den jeweiligen Seiten der Folien (1) bei der Montage der Folien (1) durch deren Stapelung die geometrischen und thermischen Verhältnisse auf den Folien (1) symmetrisch gestaltet werden.
5. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine elektrische Verbindung dreier aufeinanderfolgender Folien (1) mit der Stapelsequenz A-B-A aufgebaut ist, wobei die elektrische Verbindung über die Anschlußflächen (6) der Folien A, (5) der Folien B, (6) der Folien B, (5) der Folien A



erfolgt, wobei die Verbindungen (6) der Folien A zu (5) der Folien B bzw. (6) der Folien B zu (5) der Folien A Durchkontaktierungen sind.

6. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine elektrische Verbindung dreier aufeinanderfolgender Folien (1) mit der Stapelsequenz A-B-A aufgebaut ist, wobei die elektrische Verbindung über die Anschlußflächen (6) der Folien A, (6') der Folien A, (5) der Folien B, (6) der Folien B, (6') der Folien B, (5) der Folien A erfolgt, wobei die Verbindungen (6) der Folien A zu (6') der Folien A zu (5) der Folien B und (6) der Folien B zu (6') der Folien B zu (5) der Folien A Durchkontaktierungen sind.
7. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1, 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine elektrische Verbindung dreier aufeinanderfolgender Folien (1) und der Stapelsequenz A-B-A aufgebaut ist, wobei die elektrische Verbindung über die Anschlußflächen (6) der Folien A, (6') der Folien A, (5) der Folien B, (6) der Folien B, (6') der Folien B, (5) der Folien A erfolgt und eine zusätzliche elektrisch leitende Verbindung zwischen den Anschlußflächen (5') der Folien A und (6) der Folien B sowie zwischen (5') der Folien B und (6) der Folien A im Sinne einer Parallelschaltung gegeben ist und die Folien (1) mit einer Isolationsschicht versehen sind.
8. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußfläche der Folie Typ D und die Anschlußflächen (6) bzw. (6') des Folientyps A, B mit Durchbrüchen (11), die zu einer Folienrandseite hin offen sind, versehen sind und die Durchbrüche (11) mit elektrisch leitendem Klebstoff oder Lot gefüllt sind.
9. Kompakter Niederleistungs-Thermogenerator nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußflächen (5, 5', 6, 6') mit elektrisch leitendem Klebstoff oder Lot belegt sind.



12.05.98

Fig. 1

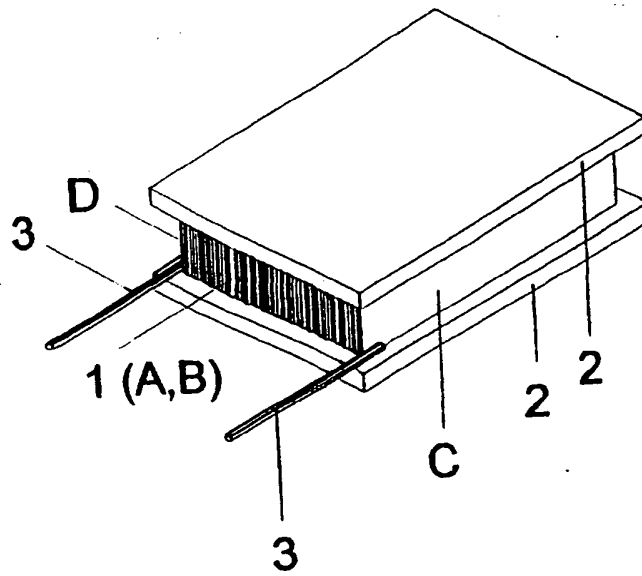
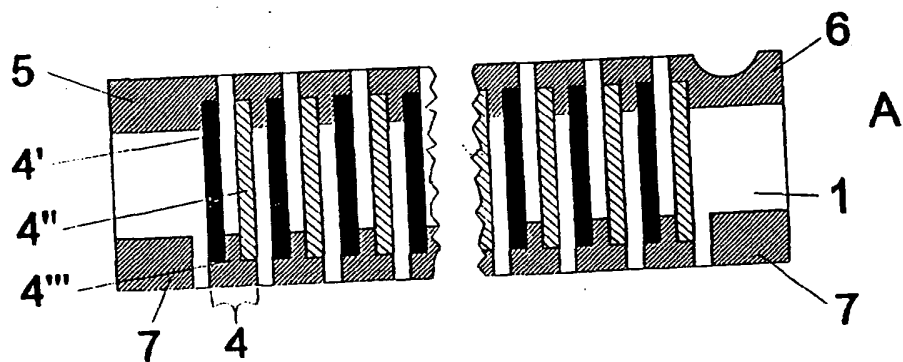


Fig. 2



12.05.98

Fig. 3

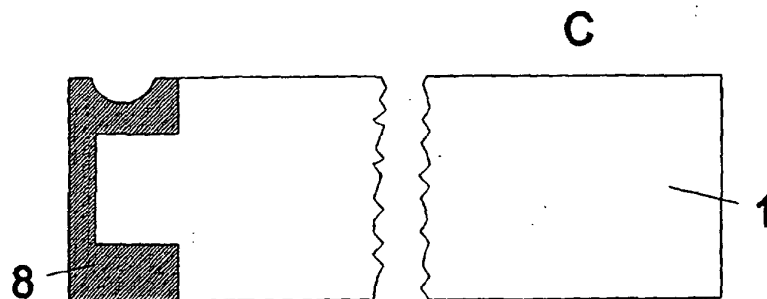


Fig. 4

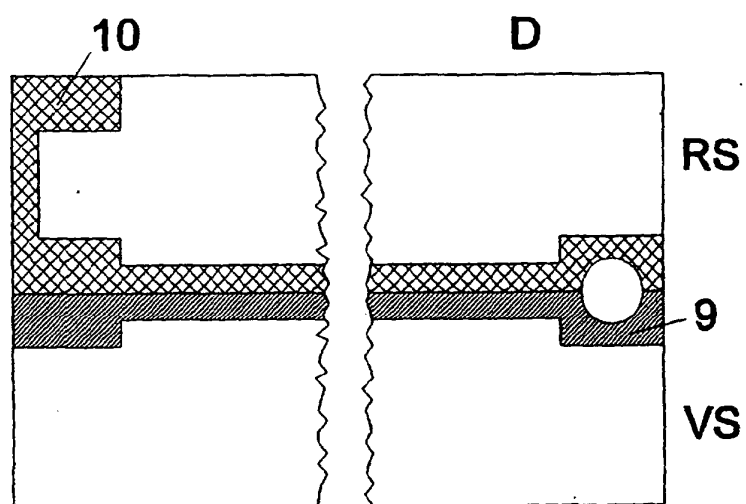
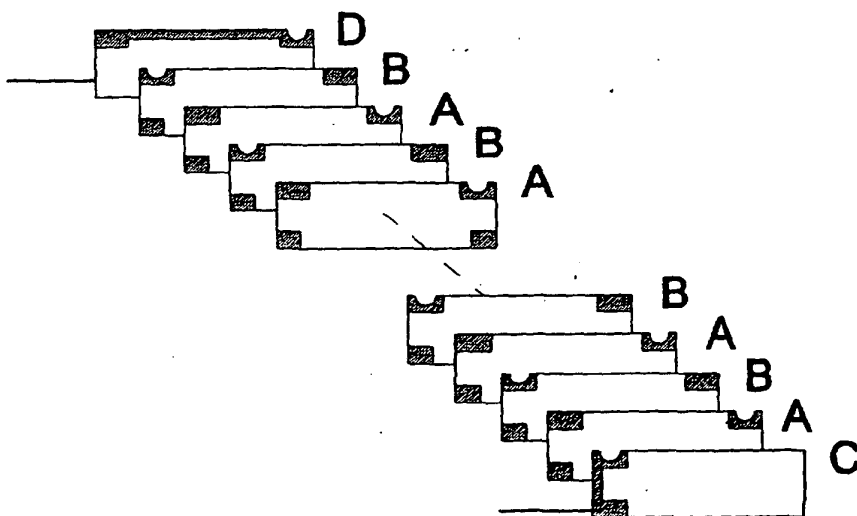
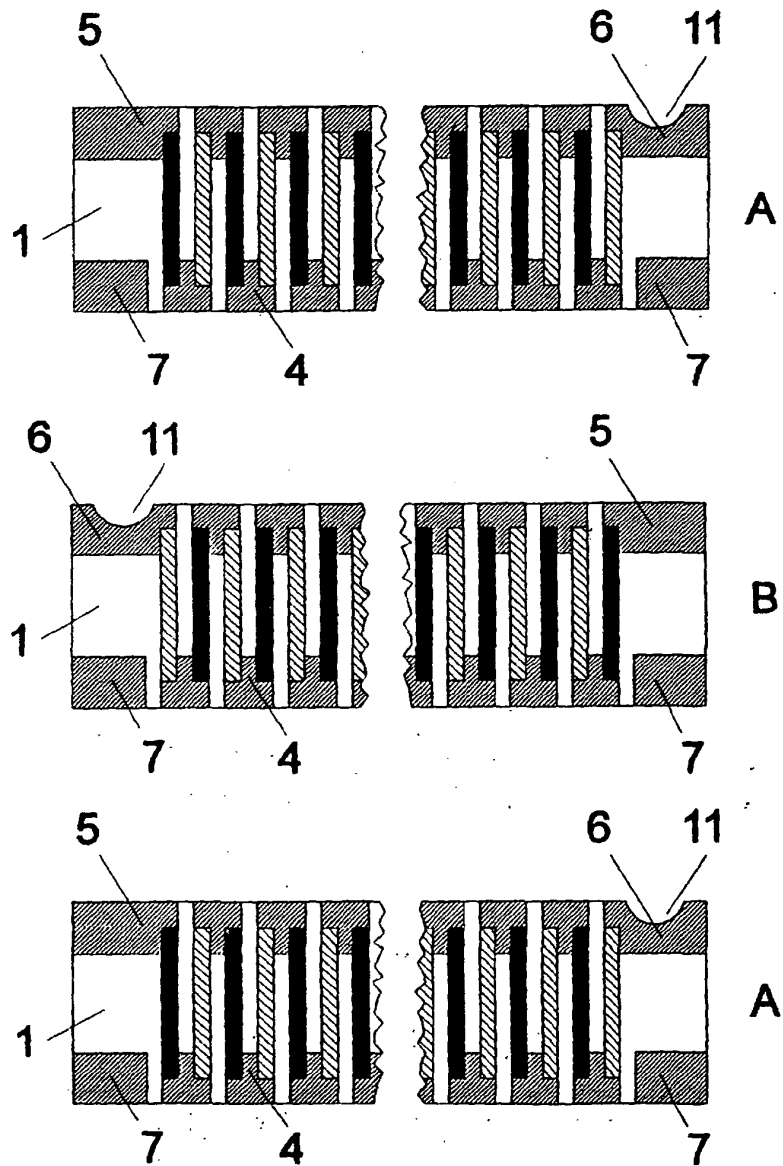


Fig. 5



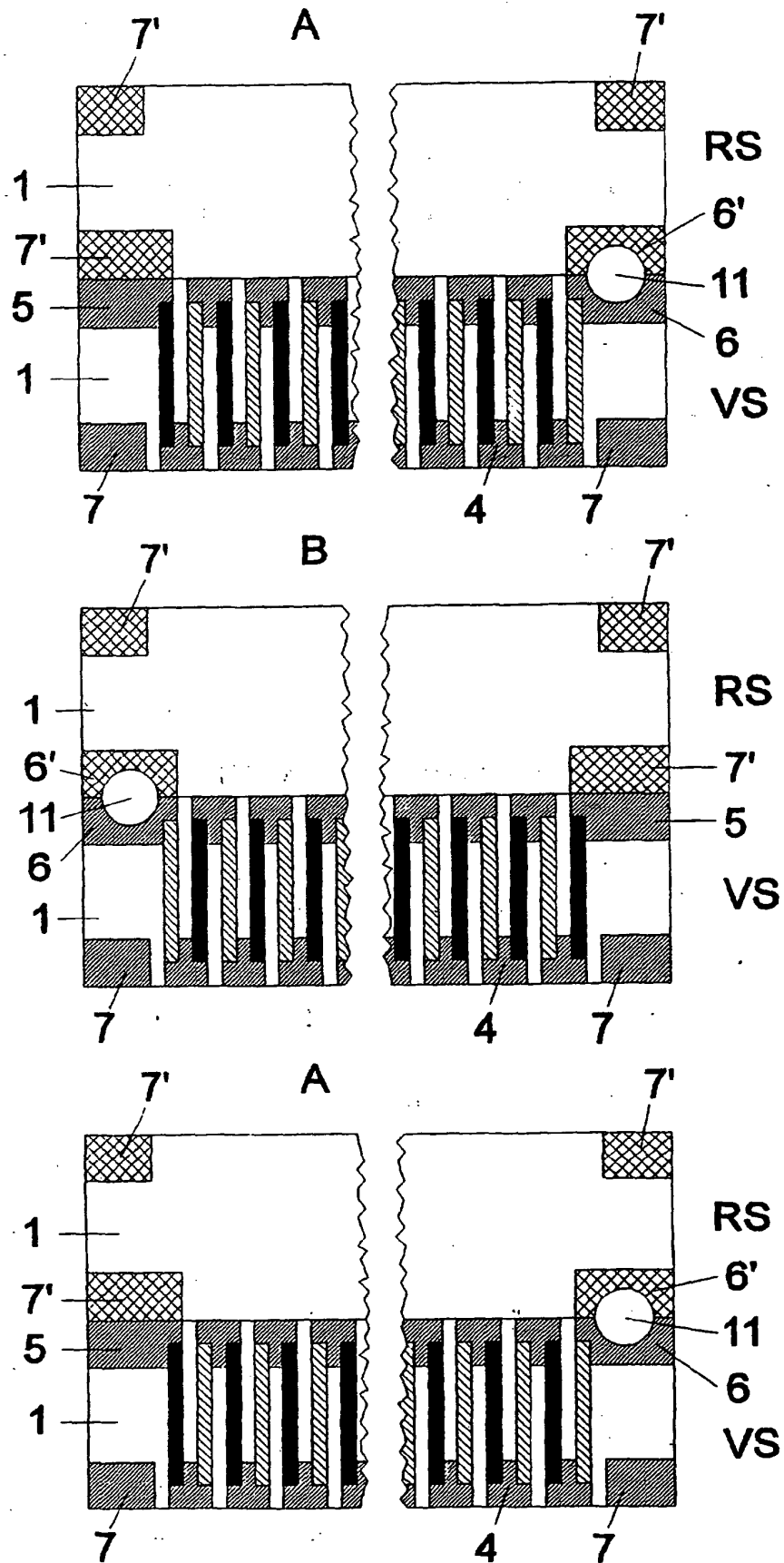
12.05.96

Fig. 6



12.05.98

Fig. 7



12.05.98

Fig. 8

